

Artur Szymczyk

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: aszymczyk@wnoz.us.edu.pl

MATY GLONOWE JAKO WAŻNY CZYNNIK W FORMOWANIU ZESPOŁÓW SZCZĄTKÓW KARPOLOGICZNYCH W PŁYTKICH ZBIORNIKACH WODNYCH (BADANIA WSTĘPNE)

Шимчик А.. Водорослевые маты как существенный фактор формирования карпологических остатков в неглубоких водоемах (предварительные исследования). Представлены результаты предварительных исследований, цель которых – выявить, возможно ли перемещение диаспор и карпологических остатков растений образующимися в водоемах водорослевыми матами, а также, могут ли они со значением влиять на формирование т. наз. тафocenoz. Исследования проводились в 2012 г. в пределах небольшого водоема, возникшего в днище бывшего песчаного карьера "Семония". Обнаружены два типа водорослевых матов: слагаемые, в основном, зелеными водорослями и слагаемые диатомеями. В обоих случаях масштаб выявленного переноса диаспор и повторного отложения карпологических остатков водорослевыми матами свидетельствует, что их появление должно учитываться при интерпретации анализов макроостатков.

Szymczyk A. Algal mats as an important factor in the formation of assemblages carpological remains in shallow reservoirs (preliminary study). The presented paper contains the results of preliminary studies, which were suppose to verify whether forming in reservoirs algal mats may transport the diaspores and carpological remains plants and significantly influence formation of taphocenosis. The study was conducted in 2012 in a small reservoir created in a sand pit "Siemonia". In studied reservoir was found a formation of two types of algae mats: built mainly by filamentous algae or diatoms. In both cases, it proved that the scale identified in the studied reservoir transport of diaspores and redeposition of carpological remains with the participation of algal mats suggests that the possibility of their appearance should be taken into account in the interpretation of the macrofossil analysis.

Słowa kluczowe: maty glonowe, paleolimnologia, tafonomia, szczątki karpologiczne, analizy makroszczątkowe
Ключевые слова: водорослевые маты, палеолимнология, тафономия, карпологические остатки, анализ макроостатков

Key words: algal mats, paleolimnology, taphonomy, carpological remains, macrofossil analysis

Zarys treści

Представлено wyniki wstępnych badań, które miały na celu sprawdzenie, czy tworzące się w zbiornikach maty glonowe mogą transportować diaspory i szczątki karpologiczne roślin oraz znacząco wpływać na tworzenie się tafocenoz. Badania przeprowadzono w 2012 roku w niewielkim zbiorniku utworzonym w dawnej piaskowni "Siemonia". W analizowanym zbiorniku stwierdzono powstawanie dwóch typów mat glonowych: budowanych głównie przez glony nitkowate lub przez okrzemki. W obu przypadkach okazało się, że skala stwierdzonego w badanym zbiorniku transportu diaspory i redepozycji szczątków karpologicznych przy udziale mat glonowych sugeruje, że możliwość ich pojawiania się powinna być brana pod uwagę w interpretacji analiz makroszczątkowych.

ZARYS PROBLEMU I CEL BADAŃ

Analizy makroszczątków roślinnych stanowią jedną z najważniejszych i najczęściej wykorzystywanych metod odtwarzania przemian zachodzących w fitocenozach (np. BIRKS, 2000; TOBOLSKI, 2000; LAMENTOWICZ, MILECKA, 2004; NITA, SZYMCZYK, 2010; HRYNOWIECKA, SZYMCZYK, 2011) i w środowisku (KOLSTRUP, 1979; ISARIN, BOHNCKE, 1999; DIEFFENBACHER-KRALL, NURSE, 2005; KOFF i in., 2005; KOWALEWSKI, 2007). Efektywnie wspomagają też badania wpływu człowieka na środowisko (RASMUSSEN, ANDERSON, 2005) i coraz częściej są wykorzystywane dla uzyskania cennych danych służących racjonalnemu planowaniu ochrony i rewitalizacji ekosystemów jeziornych (KONIECZNA, KOWALEWSKI, 2009). Jednak rekonstrukcja przemian zachodzących w dawnych fitocenozach i środowisku, wykorzystująca analizy szczątków ma-

kroskopowych wymaga zastosowania wiedzy o złożonych relacjach pomiędzy zgrupowaniami makrofitów a współczesną roślinnością (BIRKS, 2001; DIEFFENBACHER-KRALL, 2007; SZYMCZYK, 2012). Lepsze poznanie tych zależności nie tylko pozwala na poszerzenie interpretacji i lepsze jej uwiarygodnienie (ZHAO i in., 2006; DIEFFENBACHER-KRALL, 2007), ale może pomóc w planowaniu badań i miejsc poboru próbek osadów (SZYMCZYK, 2012). Niejednokrotnie najważniejsza dla interpretacji jest wiedza o mechanizmach wpływających na rozmieszczenie i liczebność szczątków w misie zbiornika. O ich pierwotnym transporcie do miejsca depozycji i później redepozycji decyduje szereg czynników i złożonych powiązań między nimi. Do najważniejszych z nich należą: sposób rozsiewania, budowa morfologiczna oraz anatomiczna nasion i owoców, a także właściwe dla ekosystemu każdego zbiornika cechy biotopu i biocenozy. Mimo że rośliny wodne częściej niż szuwarowe produkują nasiona, które tylko krótko unoszą się na wodzie i z reguły toną szybko w pobliżu roślin macierzystych (SCULTHORPE, 1967; JOHANSSON, NILSSON, 1993), to dla większości roślin wodnych i znacznej części gatunków związanych z pasem szuwarów jest ona głównym środkiem transportu (HUTCHINSON, 1975; BOEDELTE et al., 2004). Stąd najważniejsza dla dyspersji nasion i owoców jest ich zdolność do unoszenia się na powierzchni (BIRKS, 1973; DAVIS, 1985; SZYMCZYK, 2012). Umożliwia im to szereg zróżnicowanych przystosowań. Należą do nich: występowanie tkanki arenchymatycznej (GUPPY, 1906; BARRAT-SEGRETAIN, 1996), hydrofobowa powierzchnia nasion (RIDLEY, 1930; VAN DER PIJL, 1969), czy niewielki ciężar właściwy (MÜLLER-SCHNEIDER, 1983). Zmniejszenie ciężaru właściwego przez powiększenie powierzchni o różnego rodzaju przydatki (VAN DER PIJL, 1969; MÜLLER-SCHNEIDER, 1983) powszechne jest szczególnie u gatunków anemochorycznych. Dzięki wszystkim tym przystosowaniom diasporę mogą unosić się na powierzchni wody nawet od kilku tygodni do kilku miesięcy (VAN DEN BROEK, VAN DIGGELLEN, BOBBINK, 2005). Jak wykazały badania (GRIFFITH, FORSETH, 2002; BOEDELTE et al., 2003), w tym czasie mogą przemieszczać się z prądem wody w rzekach lub z wiatrem w jeziorach na odległości od kilku do nawet – jak wykazali ANDERSSON, NILSSON, JOHANSSON (2000) – ponad 100 km. Zdolność ta w przypadku wielu gatunków wystarcza potencjalnie do samodzielnej penetracji całej powierzchni nawet dużych jezior. Na duże odległości przemieszczają się również nasiona anemochoryczne i zoochoryczne wykorzystujące do transportu poszukujące pokarmu w osadach ryby czy ptaki (GREEN, FIGUEROLA, SÁNCHEZ, 2002; SANTAMARIA et al., 2002). Niebagatelny wpływ na roz-

mieszczenie diaspor w misie zbiornika mają także takie indywidualne cechy zbiornika, jak wielkość misy jeziornej, głębokość, ukształtowanie linii brzegowej i dna oraz nachylenie zboczy.

Obserwacje prowadzone przez autora w zbiornikach powstałych po zalaniu dawnych wyrobisk piaskowni "Siemonia" sugerują, że tworzące się okresowo maty glonów wiążą osady denne, wynoszą na powierzchnię wody i powodują ich resuspensję. Mogą także powodować redepozycję i uczestniczyć w transporcie szczątków roślinnych. Tym samym maty te mogą stanowić istotny czynnik wpływający na rozmieszczenie makroszczątków w misie zbiorników.

Głównym celem przeprowadzonych wstępnych badań było sprawdzenie, czy rzeczywiście tworzące się w zbiornikach piaskowni „Siemonia” maty glonowe mogą transportować diasporę i szczątki karpologiczne roślin i tym samym wpływać na tworzenie się tafocenoz. Jednocześnie starano się także ocenić skalę tego zjawiska w odniesieniu do poszczególnych grup ekologicznych roślin występujących w zbiorniku.

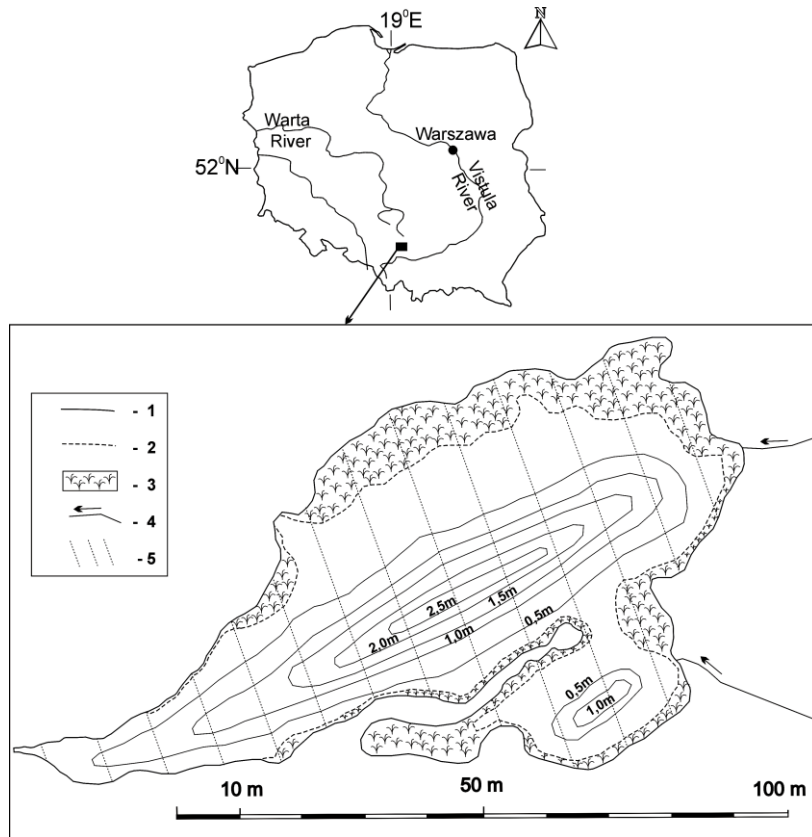
OBSZAR BADAŃ

Pojawianie się mat glonowych jest związane przede wszystkim ze zmianami trofii i jest zjawiskiem zdarzającym się nieregularnie i nie we wszystkich zbiornikach. Jeszcze rzadziej w jednym zbiorniku powstają zarówno maty budowane przez okrzemki, jak i przez glony nitkowate. Dlatego do badań wybrano niewielki zbiornik wodny powstały w dawnym wyrobisku piaskowni „Siemonia”, w którym to zjawisko było obserwowane dość regularnie nawet późnym latem, kiedy dochodzi do dojrzewania owoców i wysiewania nasion większości roślin związanych z siedliskami hydrogenicznymi.

Badany zbiornik położony jest we wschodniej części wyżyny Śląskiej (rys. 1) w granicach administracyjnych gminy Bobrowniki. Jest to zbiornik przepływowy zlokalizowany w górnym biegu niewielkiego potoku Jaworznik i zasilany jego wodami. Powierzchnia zbiornika wynosi około 0,45 ha, a maksymalna głębokość – około 2,5 m. Blisko 40% misy zbiornika zajmują płycizny do 0,5 m głębokości (rys. 1, fot. 1), dość słabo lub wcale nieporośnięte przez roślinność. Z uwagi na przejrzystość wody stwarza to dogodne warunki do okresowego pojawiania się na powierzchni osadów biofilmów budowanych nie tylko przez glony nitkowate, ale także przez okrzemki. Misa zbiornika otoczona jest wielogatunkowymi zarzewieniami. Dość zróżnicowana jest roślinność wodna obejmująca 10 gatunków. Zwarte jej płyty zajmują około 40% powierzchni dna. Dość dobrze, szcze-

gólnie we wschodniej części (fot. 1) rozwinięte są zbiorowiska szuwarowe, w których swoje siedliska mają gatunki, których szczątki karpologiczne często

odnajdywane są w holocenijskich i plejstocenijskich osadach jeziornych.



Rys. 1. Lokalizacja badanego zbiornika:

1 – zasięg miski, punkty oceny procentowego pokrycia roślinnością, 2 – zasięg roślinności szuwarowej – próbki reprezentujące strefę brzegową, 3 – szuwały, 4 – cieki, 5 – transekty

Fig. 1. Location of study reservoir:

1 – extent of reservoir bowl, 2 – extent of reed bed vegetation, 3 – reed bed vegetation, 4 – watercourses, 5 – transects



Fot. 1. Widok wschodniej części miski zbiornika „Siemonia” (fot. A. Szymczyk)

Photo 1. View of the eastern part of the bowl reservoir "Siemonia" (phot. by A. Szymczyk)

METODY BADAŃ

Badania składu gatunkowego, liczebności gatunków i ich rozmieszczenia w zbiorniku przeprowadzono w sierpniu 2012 r. Gatunki podzielono na 4 grupy związane z różnymi typami siedlisk: (1) ramienice oraz rośliny zanurzone i o liściach pływających, (2) rośliny szuwarowe i związane ze zbiorowiskami szuwarów, (3) rośliny zielne stwierdzone poza pasem szuwarów oraz (4) drzewa i krzewy. Do penetracji zbiornika używano pontonu. Do badań roślinności wodnej w obrębie tafli wody wyznaczano transekty, na których prowadzona była ocena ogólnej liczebności gatunków w zbiorniku. Zastosowano do niej 5-stopniową (*dominant, abundant, frequent, occasional, rare*) skalę częstości DAFOR (PALMER, BELL, BUTTERFIELD, 1992). Jednocześnie wykonywano spis florystyczny. Podczas badań roślinności wzdłuż transektów dokonywano także pomiarów głębokości, co pozwoliło na wykonanie planu batymetrycznego zbiorników. Nazewnictwo gatunków przyjęto zgodnie z International Plant Names Index.

W połowie września 2012, po pojawieniu się pływających na powierzchni mat glonowych, pobrano za pomocą sita o oczkach 0,2 mm ogółem 20 ich próbek. W każdej próbce znajdował się fragment maty o powierzchni 400 cm². 10 z pobranych próbek pochodziło z mat budowanych głównie przez glony nitkowate, natomiast kolejne 10 – z mat budowanych głównie przez okrzemki.

W celu separacji diaspor świeże próbki pochodzące z mat budowanych przez okrzemki, z uwagi na dużą zawartość osadu, dodatkowo płukano przy użyciu sita o oczkach 0,2 mm. Szczątki karpologiczne separowano przy wykorzystaniu mikroskopu stereoskopowego. Podczas oznaczania szczątków posługiwano się specjalistycznymi kluczami i atlasami (np. BERGGREN, 1969; AALTO, 1970; CAPPERS i in., 2006). Posiłowano się także zebraną wcześniej kolekcją okazów porównawczych. W przypadku niektórych szczątków karpologicznych zrezygnowano z precyzyjnego określenia ich przynależności systematycznej. Dotyczy to nasion niektórych rodzajów, np. *Typha*, *Juncus*, *Epilobium*, *Mentha*, *Salix* czy rodziny *Poaceae*, których oznaczenie do poziomu gatunku jest trudne lub w praktyce dla wielu okazów często niemożliwe.

W celu określenia relacji pomiędzy współczesną roślinnością i jej reprezentacją w zespołach szczątków odnalezionych w matach glonowych dla każdej z grup roślin obliczono odsetek współcześnie występujących gatunków reprezentowanych w zespołach makroszczątków. Wyniki analiz, odniesione do częstości występowania, przedstawiono w tab. 1.

WYNIKI

Badania flory zbiornika pozwoliły stwierdzić w jego misie występowanie ogółem 99 gatunków roślin. Najliczniej była reprezentowana grupa roślin szuwarowych i związanych z pasem szuwarów (tab. 1). Dość liczne były drzewa i krzewy, wśród których dominowała brzoza *Betula pendula*. Obecność w sąsiedztwie zbiornika niewielkich płatów roślinności murawowej i ruderalnej spowodowała, że odnaleziono tu także szereg gatunków związanych z siedliskami terestrycznymi (tab. 1). Dobrze rozwinięty, szczególnie w zachodniej części zbiornika, pas szuwarów budowały głównie trzcina pospolita *Phragmites australis*, turzycy *Carex rostrata* i *C. acutiformis* oraz jeżogłówka gałęzista *Sparganium erectum*. W wodzie najrozleglejsze fitocenozy tworzyły wywłócznik kłosowy *Myriophyllum spicatum* i rdestnica kędzierzawa *Potamogeton crispus*. Mniejsze płyty roślinności zanurzonej tworzyły rdestnica grzebieniasta *Potamogeton pectinatus* i ramienice *Chara*. Wyniki spisu florystycznego wraz z oceną częstości występowania roślin przedstawiono w tab. 1.

Podczas badań zidentyfikowano ogółem szczątki karpologiczne należące do 40 taksonów roślin naczyniowych i oospory *Chara* sp. (tab. 1). Reprezentują one 40,4% gatunków roślin rosnących współcześnie w zbiorniku i w jego sąsiedztwie (tab. 2). Wśród makroszczątków odnalezionych w próbkach pochodzących z obu rodzajów mat glonowych zdecydowanie dominowały owocki *Betula pendula* (tab. 1). Najlepiej reprezentowaną grupą w zespołach szczątków karpologicznych, pochodzących z mat glonowych, była grupa roślin szuwarowych i związanych z pasem szuwarów oraz grupa roślin wodnych. W przypadku wszystkich grup ekologicznych roślin lepszą reprezentacją współczesnej roślinności charakteryzowały się próbki pochodzące z mat budowanych głównie przez okrzemki. W matach tych odnaleziono także więcej makroszczątków. Szczegółowe wyniki analizy przedstawia tab. 2.

DYSKUSJA

Jezióra i torfowiska stanowią zbiorniki akumulacji osadów przechowujących cenny zapis zmian zachodzących w środowisku (TOBOLSKI, 2000; FABIAŃSKA, SZYM CZYK, CHŁAPIK, 2014). Archiwa te odczytuje się często wykorzystując wyniki analizy makroszczątków roślinnych, w tym szczątków karpologicznych, zachowanych w osadach jeziornych i torfach. Dlatego badania mechanizmów pierwotnego transportu i redepozycji nasion i owoców roślin związanych z siedliskami hydrogenicznymi są istotne nie tylko dla

poznania ekologii roślin, ale także dla wyjaśnienia zagadnień związanych z kształtowaniem się tafocenozy,

ważnych dla interpretacji paleobotanicznych i paleolimnologicznych.

Tabela 1. Liczebność populacji roślin w roku 2012 [wg skali DAFOR: dominujący (5), obfity (4), częsty (3), sporadyczny (2), rzadki (1), pojedynczy (+)] i szczątków karpologicznych w matach glonowych powstających w zbiorniku „Siemonia”
* Nieopisany w tabeli rodzaj makroszczątków oznacza nasiona lub owoce.

Table 1. Whole-reservoir DAFOR [dominant (5), abundant (4), frequent (3), occasional (2), rare (1), single (+)] scores for plants recorded in 2012 and carpological remains in the algal mats formed in the reservoir "Siemonia".

*Undescribed in the table type of macroremains means seeds or fruit.

Lp.	Gatunek	Ocena częstości gatunków w obrębie misy zbiornika (skala DAFOR)	Szczątki karpologiczne (w roku 2012)			
			Całkowita liczba szczątków odnalezionych w 10 próbkach mat budowanych głównie przez glony nitkowate	Średnia liczba szczątków odnalezionych w 400 cm ² mat budowanych głównie przez glony nitkowate	Całkowita liczba szczątków odnalezionych w 10 próbkach mat budowanych głównie przez okrzemki	Średnia liczba szczątków odnalezionych w 400 cm ² mat budowanych głównie przez okrzemki
Ramienice oraz rośliny zanurzone i o liściach pływających						
1	<i>Chara</i> sp. (oospory)	2	1	0,1	18	1,8
2	<i>Batrachium</i> sp. (<i>Batrachium circinatum</i> (Sibth.) Spach)	+	-	-	2	0,2
3	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	+	-	-	-	-
4	<i>Elodea canadensis</i> Michx.	1	-	-	-	-
5	<i>Lemna minor</i> L.	+	-	-	-	-
	<i>Lemna trisulca</i> L.	+	-	-	-	-
6	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	4	-	-	8	0,8
7	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S.F. Gray	1	4	0,4	4	0,4
8	<i>Potamogeton crispus</i> L. (endokarpy)	3	-	-	8	0,8
9	<i>Potamogeton pectinatus</i> L. (endokarpy)	2	-	-	3	0,3
10	<i>Potamogeton pusillus</i> L. (endokarpy)	+	-	-	-	-
Rośliny szuwarowe i związane ze zbiorowiskami szuwarów						
1	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	+	5	0,5	7	0,7
2	<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	1	-	-	-	-
3	<i>Bidens tripartita</i> L.	1	2	0,2	-	-
4	<i>Carex acutiformis</i> L. (pęcherzyki)	2	1	0,1	1	0,1
5	<i>Carex nigra</i> Reichard	+	1	0,1	-	-
	<i>Carex nigra</i> (pęcherzyki)	+	3	0,3	-	-
6	<i>Carex pseudocyperus</i> L. (pęcherzyki)	+	-	-	1	0,1
7	<i>Carex rostrata</i> Stokes	+	4	0,4	5	0,5
	<i>Carex rostrata</i> (pęcherzyki)	3	11	1,1	6	0,6
8	<i>Carex vulpina</i> L.	+	-	-	-	-
	<i>Carex</i> sp.	-	-	-	6	0,6
-	<i>Carex</i> sp. (pęcherzyki)	-	-	-	3	0,3
9	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem.&Schult	2	4	0,4	1	0,1
10	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	+	12	1,2	5	0,5
	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	+	-	-	-	-
11	<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	24	2,4	4	0,4

12	<i>Galium uliginosum</i> L.	+	-	-	-	-
13	<i>Glyceria maxima</i> (C. Hartm.) Holmb.	+	-	-	-	-
14	<i>Iris pseudacorus</i> L.	+	-	-	-	-
	<i>Juncus articulatus</i> L.	+				
15	<i>Juncus effusus</i> L.	+	27	2,7	8	0,8
	<i>Juncus inflexus</i> L.	1				
16	<i>Lycopus europaeus</i> L.	1	5	0,5	2	0,2
17	<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	-	-	3	0,3
18	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+	-	-	-	-
19	<i>Mentha aquatica</i> L.	+	10	1,0	22	2,2
	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Hudson	1				
20	<i>Myosotis scorpioides</i> (L.) L.	+	-	-	-	-
21	<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	+	-	-	-	-
22	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex. Steudel	4	1	0,1	16	1,6
23	<i>Scrophularia umbrosa</i> Dumort.	+	-	-	-	-
24	<i>Scutellaria galericulata</i> L.	+	-	-	-	-
25	<i>Sparganium emersum</i> Rehm.	2	2	0,2	1	0,1
26	<i>Sparganium erectum</i> L. em. Rchb.	3	13	1,3	5	0,5
27	<i>Stellaria uliginosa</i> Murray	+	-	-	-	-
28	<i>Typha latifolia</i> L.	+	-	-	1	0,1
Rośliny siedlisk terestrycznych, stwierdzone poza pasem szuwarów w obrębie misy zbiornika						
1	Asteraceae sp.		4	0,4	9	0,9
2	<i>Cirsium</i> sp. (<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop., <i>C. palustre</i> (L.) Scop.) <i>Poaceae</i> sp. (<i>Agrostis capillaris</i> L., <i>A. stolonifera</i> L., <i>Alopecurus geniculatus</i> L., <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth., <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P.B., <i>Holcus lanatus</i> L., <i>Lolium perenne</i> L., <i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench, <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert, <i>Poa annua</i> L., <i>P. palustris</i> L.)		9	0,9	-	-
3	<i>Ranunculus</i> sp. (<i>Ranunculus acris</i> L., <i>R. repens</i> L.)		2	0,2	10	1,0
4	<i>Rumex</i> sp. (<i>Rumex crispus</i> L.)		-	-	1	0,1
5	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.		1	0,1	2	0,2
6	<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg		-	-	8	0,8
7	<i>Urtica dioica</i> L.		-	-	1	0,1
8			1	0,1	1	0,1
Pozostałe gatunki siedlisk terestrycznych stwierdzone w obrębie misy zbiornika: <i>Achillea millefolium</i> L., <i>Aegopodium podagraria</i> L., <i>Artemisia campestris</i> L., <i>A. vulgaris</i> L., <i>Bellis perennis</i> L., <i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br., <i>Cardamine pratensis</i> L., <i>Carex hirta</i> L., <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub, <i>Chenopodium album</i> L., <i>Crepis biennis</i> L., <i>Galeopsis tetrahit</i> L., <i>Geum urbanum</i> L. <i>Geranium palustre</i> L., <i>Geranium robertianum</i> L., <i>Pastinaca sativa</i> L., <i>Plantago lanceolata</i> L., <i>P. major</i> L., <i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch., <i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre, <i>Prunella vulgaris</i> L., <i>Rumex acetosella</i> L., <i>Saponaria officinalis</i> L., <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke., <i>Stachys palustris</i> L., <i>Tanacetum vulgare</i> L., <i>Trifolium repens</i> L., <i>Tussilago farfara</i> L., <i>Valeriana officinalis</i> L..						
Drzewa i krzewy						
1	<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.		1	0,1	4	0,4
2	<i>Betula pendula</i> Roth (owoce) <i>Betula pendula</i> (łuski owocowe)		55	5,5	50	5
3	<i>Populus</i> sp. (<i>Populus nigra</i> L., <i>Populus tremula</i> L.)		14	1,4	12	1,2
4	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		-	-	2	0,2
5	<i>Salix</i> sp. (<i>Salix alba</i> L., <i>Salix caprea</i> L., <i>Salix cinerea</i> L., <i>Salix fragilis</i> L., <i>Salix purpurea</i> L., <i>Salix triandra</i> L.) (nasiona)		1	0,1	1	0,1
6	<i>Salix</i> sp. (fragmenty owoców)		-	-	2	0,2
	<i>Ulmus minor</i> Mill.		5	0,5	7	0,7
			1	0,1	-	-
Pozostałe drzewa i krzewy stwierdzone w odległości do 20 m od misy zbiornika: <i>Acer platanoides</i> L., <i>Acer pseudoplatanus</i> L., <i>Cornus alba</i> L., <i>Corylus avellana</i> L., <i>Crataegus monogyna</i> Jacq., <i>Frangula alnus</i> Mill., <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh., <i>Padus avium</i> Mill., <i>Pinus sylvestris</i> L., <i>Prunus serotina</i> Ehrh., <i>Pyrus communis</i> L., <i>Rosa canina</i> L., <i>Rubus</i> sp., <i>Sambucus nigra</i> L., <i>Solanum dulcamara</i> L., <i>Quercus robur</i> L., <i>Quercus rubra</i> L., <i>Tilia cordata</i> Mill..						

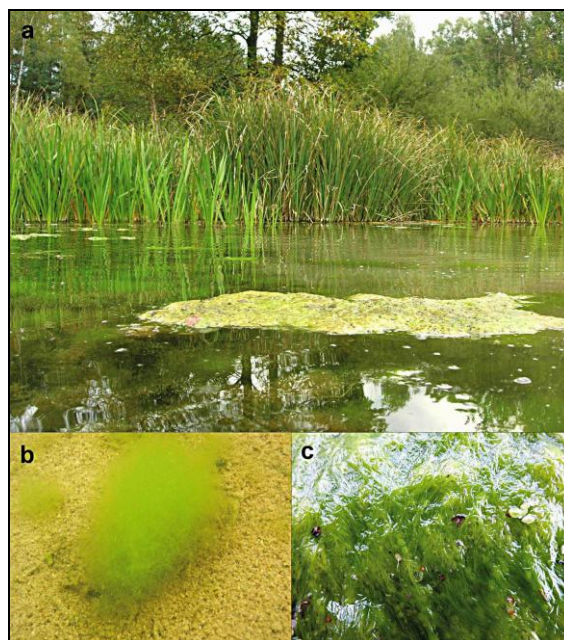
Tabela 2. Reprezentacja grup ekologicznych roślin w zespołach makroszcątków odnalezionych w matach glonowych powstających w zbiorniku „Siemonia”

Table 2. Representation of ecological groups of plants in macrofossil assemblages found in the algal mats formed in the tank "Siemonia"

Grupa ekologiczna	Maty budowane głównie przez glony nitkowate		Maty budowane głównie przez okrzemki	
	Liczba gatunków reprezentowanych w zespołach makroszcątków	Odsetek (%) współcześnie występujących gatunków reprezentowanych w zespołach makroszcątków	Liczba gatunków reprezentowanych w zespołach makroszcątków	Odsetek (%) współcześnie występujących gatunków reprezentowanych w zespołach makroszcątków
Ramienice oraz rośliny zanurzone i o liściach pływających	2	20,0	6	60,0
Rośliny szuwarowe i związane ze zbiorowiskami szuwarów	16	57,1	18	64,3
Drzewa i krzewy	6	25,0	7	29,2
Rośliny siedlisk terestrycznych występujące w misie zbiornika	5	13,5	7	18,9
Ogółem, wszystkie grupy ekologiczne	29	29,3	38	38,4

Obserwacje i wstępne badania przeprowadzone w niewielkim zbiorniku powstałym w dawnym wyrobisku piaskowni „Siemonia” wykazały, że ważną rolę w rozprzestrzenianiu się diaspor porastających jego misę roślin mają tworzące się pływające maty glonów, budowane głównie przez glony nitkowate lub okrzemki. Znaczenie tego typu mat dla rozprzestrzeniania się diaspor w obrębie misy zbiornika i tworzenia tafocenoz nie było dotychczas rozpatrywane. Wiele natomiast badań poświęcono warunkom, w jakich dochodzi do tworzenia się (WETZEL, 1996; ZOHARY et al., 1998; BERRY, LEMBI, 2000), ich znaczenia dla resuspensji osadów i kondycji ekosystemów jeziornych (OZIMEK, 1990; GOLDSBOROUGH, ROBINSON, 1996; SCHEFFER, 2001; FROST, ELSER, 2002; IRFANULLAH, MOSS, 2005). Badano także ich rolę, jako siedliska dla bezkręgowców wodnych (GRAHAM, WILCOX, 2000). Generalnie prowadzone dotychczas badania pokazały, że tworzenie się takich mat glonowych warunkowane jest przede wszystkim wahaniami trofii wód zbiornika (WETZEL, 1996; McDUGAL, GOLDSBOROUGH, HANN, 1997), a jednym z ważnych czynników zapobiegających ich powstawaniu może być silny rozwój makrofitów w strefie litoralnej jezior (WETZEL, 1996; KORNJÓW, HALKIEWICZ, 2007).

W badanym zbiorniku obserwowano powstawanie dwóch typów mat glonowych. Pierwszy z nich to



Fot. 2. Maty glonowe budowane głównie przez glony nitkowate (zbiornik „Siemonia”) (fot. A. Szymczyk):

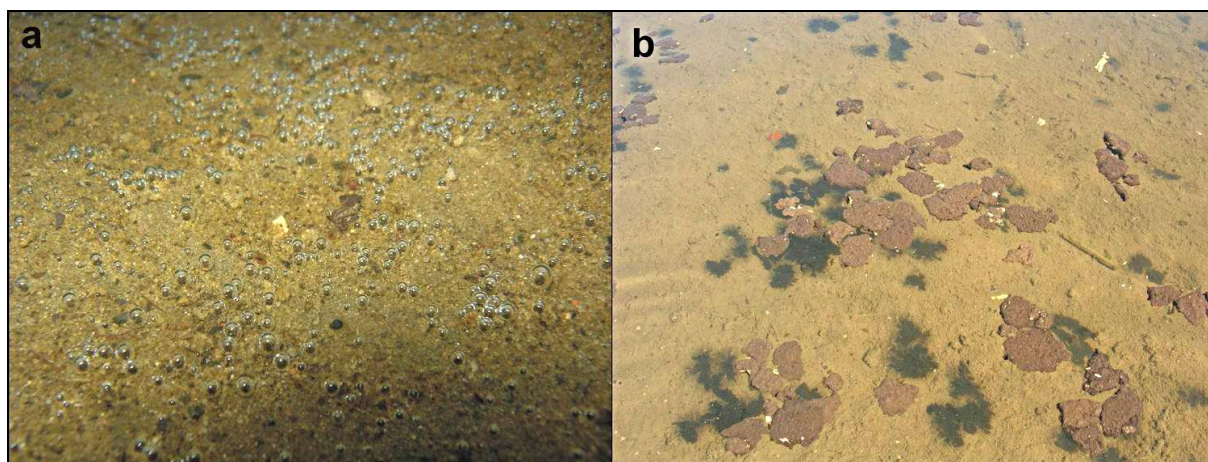
a) pływająca mata glonowa, b) formowanie się mat glonowych na dnie zbiornika, c) diaspory i szczątki karpologiczne na powierzchni pływającej maty glonowej

Photo 2. Algal mats built mostly by filamentous algae (reservoir "Siemonia") (phot. by A. Szymczyk):

a) floating mat of algae, b) algal mat formation at the bottom of the reservoir, c) diaspores and carpological remains on the surface of floating algal mats

maty budowane głównie przez glony nitkowate (fot. 2), natomiast w tworzeniu drugiego główną rolę odgrywały okrzemki (fot. 3). W obu przypadkach maty glonowe formowały się na powierzchni osadów dennych w miejscach nieporośniętych lub słabo porośniętych przez roślinność zanurzoną. Maty takie po wypłynięciu na powierzchnię, dzięki uwieczonym pęcherzykom gazu, unosiły się na wodzie. Różnice pomiędzy matami budowanymi przez glony nitkowate i matami, w których tworzeniu główną rolę odgrywały okrzemki, polegały na ich trwałości i zdolności do wiązania i transportu stropowej warstewki osadów. Jak wynika z obserwacji, znacznie większą trwałością po wypłynięciu na powierzchnię charak-

teryzowały się maty, które budowane były głównie przez glony nitkowate. Mogły one unosić się na powierzchni wody i jednocześnie rozrastać co najmniej wiele dni lub nawet tygodni. Odnaczały się przy tym znaczną odpornością na falowanie. W przeciwieństwie do nich maty budowane przez okrzemki były nietrwałe i dość szybko, zależnie od warunków meteorologicznych ulegały rozpadowi. Większą zdolnością do wiązania stropowej warstwy osadów charakteryzowały się maty tworzone głównie przez okrzemki (fot. 3). Podczas gdy glony nitkowate wiązały tylko znikomą ilość osadu, to okrzemki potrafiły wiązać i wynosić na powierzchnię warstewkę nawet o miąższości 3–4 mm.



Fot. 3. Maty glonowe budowane głównie przez okrzemki (zbiornik Siemonia) (fot. A. Szymczyk):

a) formowanie się mat glonowych na dnie zbiornika, b) pływające maty glonowe

Photo 3. Algal mats built mostly by diatoms (reservoir Siemonia) (phot. A. Szymczyk):

a) algal mat formation at the bottom of the reservoir, b) floating mat of algae

Maty budowane przez glony nitkowate, po wypłynięciu na powierzchnię mogą przemieszczać się z wiatrem po otwartej tafli wody, rozrywać się, tworzyć okresowe większe skupiska przy brzegu lub kotwiczyć wielokrotnie w różnych miejscach linii brzegowej i przy grupach roślinności wynurzonej. Nagromadzenie aż 198 diaspor należących do 29 gatunków w ich próbcie o ogólnej powierzchni 0,4 m² pozwala stwierdzić, że pływające skupiska glonów stanowią „pułapkę” przechwytyjącą i gromadzącą nasiona i owoce przyczyniają się do ich rozprzestrzeniania. Analiza składu gatunkowego diaspor w nich odnalezionych sugeruje, że przez tego typu maty przechwytywane są głównie diasporę gatunków anemochorycznych (*Betula pendula*, *Cirsium* sp., *Epilobium* sp., *Eupatorium cannabinum*) lub innych (np. *Carex* sp.), których nasiona i owoce unoszą się na powierzchni wody. Potwierdza to także analiza grup ekologicznych roślin reprezentowanych w zespołach diaspor uwieczonych w tego typu matach. Dominowały w nich diasporę gatunków wiatrosiewnych,

w tym głównie roślin szuwarowych oraz drzew (tab. 2). Rośliny wodne, które z reguły tworzą nasiona szybko tonące, reprezentowane były natomiast tylko przez pływające owoce *Persicaria amphibia* i zaledwie jedną oosporę *Chara* sp. (tab. 2). Taki skład gatunkowy odnalezionych nasion i owoców oraz prawie brak cząstek osadu wynoszonych z dna sugeruje także, że maty te mają raczej znaczenie dla pierwotnego transportu diaspor i mogą brać tylko niewielki udział w redepozycji nasion i owoców. Potwierdza to także stan zachowania diaspor i ich położenie na powierzchni mat, które wskazuje, że pochodzą one z bieżącego sezonu wegetacyjnego i prawdopodobnie nie były wcześniej deponowane w osadzie (fot. 2). Obserwacja rozmieszczenia diaspor uwieczonych w matach wykazała, że z reguły większość z nich znajduje się na brzegach takiej tratwy. Potwierdzają to analizy sugerujące, że maty glonów nitkowatych, przemieszczając się wraz z wiatrem w obrębie zbiornika, przechwytyją przede wszystkim dryfujące diasporę, doprowadzając do ich uwiecznienia i koncentracji.

Maty takie, tonąc wraz z uwiecznionymi w nich nasionami i owocami różnych gatunków, mogą więc potencjalnie wpływać na liczebność i skład gatunkowy formujących się w osadach zespołów makroszczątków. Zaobserwowano również, że znajdując się przy brzegu, w sąsiedztwie owocujących roślin, maty glonów nitkowatych mogą także przechwytywać opadające, nieprzystosowane do unoszenia na wodzie diaspory i transportować je następnie w inne, nawet odległe rejony zbiornika. Wskazują na to koncentracje w pojedynczej próbce aż 27 nasion *Juncus* sp., a w innej – 7 nasion *Mentha* sp. Maty takie mogą więc nie tylko wspomagać transport unoszących się na wodzie diaspor, ale również przyczyniać się do przemieszczania się na duże odległości i koncentracji na niewielkiej powierzchni szybko tonących nasion i owoców. W praktyce może to komplikować interpretację niektórych analiz, ponieważ diaspory takie zwykle toną w pobliżu roślin macierzystych i dobrze znaczą ich stanowiska. Dlatego ich szczątki wykorzystywane są m. in. do odtwarzania zmian poziomu jezior w przeszłości. Znaczenie mat tworzonych przez glony nitkowate, jako jednego z istotnych czynników wpływających na dyspersję diaspor, dobrze obrazuje porównanie składu gatunkowego współczesnej roślinności i zespołów diaspor odnajdywanych w próbkach. Reprezentowane w nich było wprawdzie tylko 29,3% ogółu gatunków występujących w misie, ale w tym aż 57,1% gatunków szuwarowych i związanych ze zbiorowiskami szuwarów. Słabo reprezentowane były rośliny wodne (20%) i siedlisk terestrycznych, natomiast nieco lepiej grupa drzew i krzewów (25%) (tab. 2). Związane to było w przypadku gatunków wodnych z brakiem przystosowań ich diaspor do utrzymywania się na powierzchni wody, a w przypadku gatunków siedlisk terestrycznych (13,5%) – z większą odległością ich siedlisk od lustra wody. Najliczniej reprezentowany w tej grupie był anemochoryczny rodzaj *Cirsium* sp. (tab. 1). Wśród diaspor drzew również zdecydowanie dominowały owoce gatunków anemochorycznych (tab. 1), które łatwo mogły opadać w obrębie tafli wody, a później unosić się na jej powierzchni. Liczne natomiast cięższe łuski owocowe *Betula pendula* i fragmenty owoców *Salix* sp. (tab. 1) pochodziły prawdopodobnie w większości z drzew rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie tafli wody. Stosunkowo niewielka reprezentacja grupy drzew i krzewów, mimo dużej liczby odnalezionych diaspor (38,9% ogółu), wynikała z generalnie dużej liczby gatunków rosnących w sąsiedztwie zbiornika i obecności wśród nich gatunków ciężkonasiennych i zoochorycznych (tab. 1), których diaspory nie mogły łatwo docierać do zbiornika.

Maty budowane głównie przez okrzemki, charakteryzujące się tylko niewielkim udziałem glonów nitkowatych i sinic, pokrywając dno wiązały nawet kilkumilimetrową warstwę osadów, wynosząc ją na powierzchnię (fot. 3). Okazały się jednak dość nietrwałe i stosunkowo krótko utrzymywały się na powierzchni wody. Możliwość wiązania osadu wraz ze zdeponowanymi w nim szczątkami znalazła odzwierciedlenie w składzie gatunkowym zespołów szczątków w nich odnajdywanych. W ogólnej próbie tego typu mat o powierzchni 0,4 m² odnaleziono szczątki karpologiczne należące do większej liczby gatunków (ogółem 250 szczątków z 38 taksonów) (tab. 2) niż w matach budowanych przez glony nitkowate. Odnajdywane tu okazy często nosiły ślady uszkodzeń świadczących o ich wcześniejszej depozycji w osadach. Zarówno większe zróżnicowanie gatunkowe, jak i uszkodzenia szczątków potwierdzają tezę o roli mat budowanych przez okrzemki raczej w redepozycji zalegających w osadach makroszczątków niż w pierwotnym transporcie diaspor. Sugeruje to także reprezentacja poszczególnych grup ekologicznych roślin. W przeciwieństwie do mat budowanych przez glony nitkowate, znacznie lepiej reprezentowane były w nich gatunki o diasporach szybko tonących (tab. 2), w tym cała grupa roślin wodnych (60%). Znacznie liczniejsze były też szczątki tej grupy roślin, których odnaleziono 43 w porównaniu do 3 w matach budowanych przez glony nitkowate (tab. 1). Odnaleziono tu także szczątki większej liczby gatunków terestrycznych (tab. 1), które były reprezentowane w 18,9%. Grupa roślin szuwarowych w matach okrzemkowych była reprezentowana na podobnym poziomie, jak w matach budowanych przez glony nitkowate (tab. 2), jednak na uwagę zasługuje znacznie większa liczba drobnych, szybko tonących nasion *Juncus* sp. i *Mentha* sp. (tab. 1). Zdolność do wiązania wraz z osadami i redepozycji diaspor w delikatnych matach okrzemkowych, zwykle tylko nieznacznie przerosniętych plechami glonów nitkowatych lub sinic, zaskakuje. Generalnie dominują w nich drobne i lekkie nasiona i owoce, jednak obecne są także tak duże diaspory, jak orzeszki *Carex* czy nawet owoce *Spartanium emersum* i *S. erectum* (tab. 1).

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone wstępne badania wykazały, że tworzące się okresowo w zbiornikach maty glonów budowane głównie przez okrzemki lub glony nitkowate mogą stanowić ważny czynnik wpływający na dyspersję diaspor roślin porastających ich misę. Tym samym mogą one istotnie wpływać na formowanie się

tafocenoz. Okazało się, że maty budowane głównie przez glony nitkowate uczestniczą przede wszystkim w pierwotnym transporcie diaspor. Po wypłynięciu na powierzchnię długo przemieszczają się z wiatrem po otwartej tafli wody i przechwytyjąc głównie dryfujące diaspory mogą doprowadzać do ich koncentracji. Kotwicząc okresowo przy brzegu mogą także przechwytywać i transportować na duże odległości szybko tonące nasiona i owoce, które zwykle deponowane są w pobliżu roślin macierzystych i jako dobre markery lokalizacji ich stanowisk wykorzystywane są w interpretacjach z zakresu paleolimnologii. Wykazano także, że nietrwale, dość krótko utrzymujące się na powierzchni maty budowane głównie przez okrzemki, wiążąc wraz z osadem zdeponowane na dnie nawet duże szczątki karpologiczne, stanowią ważny czynnik powodujący ich redepozycję. Przeprowadzone analizy wykazały także, że więcej i bardziej gatunkowo zróżnicowanych szczątków przenoszonych jest przez maty budowane przez okrzemki. Reprezentowanych w nich było aż 38,4% wszystkich taksonów występujących w misie zbiornika, w tym nawet ponad 60% gatunków budujących zbiorowiska szuwarowe. Skala stwierdzonego w badanym zbiorniku zjawiska transportu i redepozycji szczątków karpologicznych przy udziale mat glonowych sugeruje, że możliwość ich pojawiania się powinna być brana pod uwagę w interpretacji analiz makroszczątkowych.

LITERATURA

- Aalto M., 1970: Potamogetonaceae fruits. I. Recent and subfossil endocarps of the Fennoscandian species. *Acta Botanica Fennica*, 88: 85 p.
- Andersson E., Nilsson C., Johansson M. E., 2000: Plant dispersal in boreal rivers and its relation to the diversity of riparian flora. *Journal of Biogeography*, 27: 1095–1106.
- Barrat-Segretain M. H., 1996: Strategies of reproduction, dispersion, and competition in river plants: A review. *Vegetatio*, 123: 13–37.
- Berggren G., 1969: Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species, part 2. Cyperaceae. Swedish Natural Science Research Council, Stockholm.
- Berry H., Lembi C. A., 2000: Effects of temperature and irradiance on the seasonal variation of a *Spirogyra* (Chlorophyta) population in a Midwestern lake (U.S.A.). *Journal of Phycology*, 36: 841–854.
- Birks H. H., 1973: Modern macrofossil assemblages in lake sediments in Minnesota. In: Birks H. J. B., West R. G. (eds): *Quaternary Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 173–189.
- Birks H. H., 2000: Aquatic macrophyte vegetation development in Kråkenes Lake, western Norway, during the late-glacial and early Holocene. *Journal of Paleolimnology*, 23: 7–19.
- Birks H. H., 2001: Plant macrofossils. In: Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. (eds): *Tracking Environmental Change using Lake Sediments*, Vol. 3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Pub., Dordrecht: 49–74.
- Boedeltje G., Bakker J. P., Bekker R. M., Van Groenendael J. M., Soesbergen M., 2003: Plant dispersal in a lowland stream in relation to occurrence and three specific life-history traits of the species in the species pool. *Journal of Ecology*, 91: 855–866.
- Boedeltje G., Bakker J. P., Ten Brinke A., Van Groenendael J. M., Soesbergen M., 2004: Dispersal phenology of hydrochorous plants in relation to discharge, seed release time and buoyancy of seeds: the flood pulse concept supported, 92: 786–796.
- Cappers R. T. J., Bekker R. M., Jans J. E. A., 2006: *Digitale zadenatlas van Nederland* (Digital seed atlas of the Netherlands). Barkhuis Publishing & Groningen University Library, Groningen.
- Davis F. W., 1985: Historical changes in submerged macrophyte communities of Upper Chesapeake Bay. *Ecology*, 66: 981–993.
- Dieffenbacher-Krall A. C., 2007: Surface samples, taphonomy, representation. In: Elias S. A. (ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol. 3. Elsevier, Amsterdam: 2367–2374.
- Dieffenbacher-Krall A. C., Nurse A. M., 2005: Late-glacial and Holocene record of lake levels of Mathews Pond and Whitehead Lake. Northern Maine, USA. *Journal of Paleolimnology*, 34: 283–309.
- Fabiańska M., Szymczyk A., Chłapik M., 2014: Fossil fuel compounds from fly dust in recent organic matter of southern Poland peats. *Chemie der Erde*, 74: 237–250.
- Frost P. C., Elser J. J., 2002: Effects of light and nutrients on the net accumulation and elemental composition of epilithon in boreal lakes. *Freshwater Biology*, 47: 173–183.
- Graham L. E., Wilcox L. W., 2000: *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ: 640 pp.
- Green A. J., Figuerola J., Sánchez M. I., 2002: Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecologica*, 23: 177–189.
- Griffith A. B., Forseth et al., 2002: Primary and secondary seed dispersal of a rare, tidal wetland annual. *Aeschynomene virginica*, 22: 696–704.
- Goldsbrough L. G., Robinson G. G. C., 1996: Pattern in wetlands. In: Stevenson R. J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (eds): *Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA, 88: 77–117.
- Guppy H. B., 1906: *Observations of a Naturalist in the Pacific between 1896 and 1899*. Macmillan, London.
- Hrynowiecka A., Szymczyk A., 2011: The comprehensive paleobotanical studies of lacustrine-peat bog sediments from the Mazovian/Holstenian Interglacial at the site of Nowiny Żukowskie (SE Poland) – preliminary study. *Bulletin of Geography, Physical Geography Series*, 4: 21–46.
- Hutchinson G. E., 1975: *A Treatise on Limnology*. Vol. III. Limnological Botany. John Wiley & Sons, New York.

- Irfanullah H., Moss B., 2005: A filamentous green algae-dominated temperate shallow lake: Variation on the theme of clear-water stable states? *Archiv für Hydrobiologie*, 163: 25–47.
- Isarin R. F. B., Bohncke S. J. P., 1999: Mean July Temperatures during the Younger Dryas in Northwestern and Central Europe as Inferred from Climate Indicator Plant Species. *Quaternary Research* 51: 158–173.
- Johansson M. A., Nilsson C., 1993: Hydrochory, population dynamics and distribution of the clonal aquatic plant *Ranunculus lingua*. *Journal of Ecology*, 81: 81–91.
- Koff T., Punning J.M., Sarmaja-Korjonen K., Martma T., 2005: Ecosystem response to early and late Holocene lake-level changes in Lake Juusa, southern Estonia. *Polish Journal of Ecology*, 53: 553–570.
- Kolstrup E., 1979: Herbs as July temperature indicators for parts of the Pleniglacial and the Late-Iacial in The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, 59: 337–380.
- Konieczna N., Kowalewski G., 2009: Sukcesja jeziora Dążynek w świetle analizy osadów i szczątków makroskopowych. (Sedimentary and macrofossil records of lake succession in Lake Dążynek). *Studia Limnologica et Telmatologica*, 3: 61–70.
- Kornijów R., Halkiewicz A., 2007: Uwarunkowania zaburzeń sekwencji odkładania osadów dennych w płytkich jeziorach poleskich w kontekście ich przydatności do badań paleoekologicznych. *Studia Limnologica et Telmatologica*, 1: 83–86.
- Kowalewski G., 2007: Analiza makroszczątkowa w badaniach paleolimnologicznych. *Studia Limnologica et Telmatologica*, 1: 67–82.
- Lamentowicz M., Milecka K., 2004: *Lobelia dortmanna* L. seeds in lake sediments from the Tuchola Forest (Pomerania, northern Poland). *Acta Palaeobotanica*, 44, 2: 281–285.
- Mc Dougal R. L., Goldsborough L. G., Hann B. J., 1997: Responses of a prairie wetland to press and pulse additions of inorganic nitrogen and phosphorus: production by planktonic and benthic algae. *Archiv für Hydrobiologie*, 140: 145–167.
- Müller-Schneider P., 1983: *Verbreitungsbiologie (Diasporologie) der Blütenpflanzen*. 3. Aufl. Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel, Zürich, 61: 226 pp.
- Nita M., Szymczyk A., 2010: Vegetation changes in the Jezioro Lake on the background of the Holocene history of forests (Woźniki-Wieluń Upland). *Acta Palaeobotanica*, 50, 2: 119–132.
- Ozimek T., 1990: Aspects of the ecology of a filamentous alga in a eutrophicated lake. *Hydrobiologia*, 191: 23–27.
- Palmer M. A., Bell S. L., Butterfield I., 1992: A botanical classification of standing water in Britain: applications for conservation and monitoring. *Aquatic Conservation*, 2: 125–143.
- Rasmussen P., Anderson N. J., 2005: Natural and anthropogenic forcing of aquatic macrophyte development in a shallow Danish lake during the last 7,000 years. *Journal of Biogeography*, 32: 1993–2005.
- Ridley H. N., 1930: *The Dispersal of Plants Throughout the World*. Reeve and Co., Ltd., Ashford: 744 pp.
- Santamaria L., Charalambidou I., Figuerola J., Green A. J., 2002: Effect of passage through duck gut on germination of fennel pondweed seeds. *Archiv für Hydrobiologie*, 156: 11–22.
- Scheffer M., 2001: *Ecology of shallow lakes*. Kluwer Academic Pub. Dordrecht: 363 pp.
- Sculthorpe C. D., 1967: *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold, London.
- Szymczyk A., 2012: Relations between assemblages of carpological remains and modern vegetation in a shallow reservoir in southern Poland. *Journal of Paleolimnology*, 48: 503–516.
- Tobolski K., 2000: *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych (The Guide for the determination of Peat and Lake Sediments)*. *Vademecum Geobotanicum*, 2. PWN, Warszawa: 508 pp.
- Van den Broek T., Van Diggelen R., Bobbink R., 2005: Variation in seed buoyancy of species in wetland ecosystems with different flooding dynamics. *Journal of Vegetation Science*, 16: 579–586.
- Van der Pijl L., 1969: *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer-Verlag, Berlin: 153 pp.
- Wetzel R. G., 1996: Benthic algae and nutrient cycling in lentic freshwater ecosystems. In: Stevenson R. J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (eds): *Algal Ecology: Freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego: 641–667.
- Zhao Y., Sayer C. D., Birks H. H., Hughes M., Peglar S. M., 2006: Spatial representation of aquatic vegetation by macrofossils and pollen in a small and shallow lake. *Journal of Paleolimnology*, 35: 335–350.
- Zohary T., Fishbein T., Kaplan B., Pollinger U., 1998: Phytoplankton-metaphyton seasonal dynamics in a newly-created subtropical wetland lake. *Wetlands Ecology and Management* 6: 133–142.